UDC 639.3:504.5 **DOI: 10.58407/bht.1.26.7**

Copyright (c) 2026 Tetiana Sharamok, Dmytro Zhuravlov, Hanna Tunkina
Ця робота ліцензується відповідно до Creative Commons Attribution 4.0 International License / This work is licensed under a Creative Commons Attribution 4.0 International License.

Тетяна Шарамок, Дмитро Журавльов, Ганна Тункіна

ХРОНІЧНИЙ ВПЛИВ ВАЖКИХ МЕТАЛІВ НА РЕПРОДУКТИВНУ СИСТЕМУ ТА ПЛОДЮЧІСТЬ *POECILIA RETICULATA*

Tetiana Sharamok, Dmytro Zhuravlov, Hanna Tunkina

THE CHRONIC EFFECTS OF THE HEAVY METALS ON REPRODUCTIVE SYSTEM AND FERTILITY OF *POECILIA RETICULATA*

АНОТАЦІЯ

Мета роботи. Дослідити вплив важких металів (Cu, Zn, Cd та їх суміші) у концентраціях, що перевищують рибогосподарські ГДК у 20, 1,3 та 1,5 рази відповідно та є фоновими для деяких водойм Придніпров'я на репродуктивну систему та плодючість гуппі (*Poecilia reticulata*). Визначити гістоморфологічні зміни гонад за хронічної дії важких металів.

Методологія. Модельні експерименти з гуппі проводились протягом 92 діб в аерованих акваріумах об'ємом 5 л. Забруднення води в дослідних акваріумах моделювали шляхом додавання речовин до кінцевих концентрацій: міді 0,02 мг/дм^3, кадмію 0,0075 мг/дм^3, цинку 0,013 мг/дм^3 та суміші важких металів, контрольний акваріум заповнювали дехлорованою водопровідною водою. Наприкінці експерименту проводили морфофізіологічні дослідження риб. Гістологічний аналіз гонад здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик. Фотофіксацію гістологічних препаратів робили при збільшенні 400× за допомогою цифрової камери SIGETA M3 CMOS 25000 з підключенням її до мікроскопа Ulab XY-B2TLED.

Наукова новизна. Зважаючи на недостатню кількість відомостей стосовно хронічного впливу металів та їхніх сумішей на репродуктивну систему риб, виникає потреба у проведенні модельних дослідів. За умов хронічного впливу іонів Cd, Cu, Zn та їх суміші у концентраціях, що перевищували рибогосподарські ГДК, у гонадах гуппі було виявлено низку патоморфологічних змін. Зокрема, встановлено деструкцію оболонок ооцитів та жовткового мішка, ліпідну вакуолізацію цитоплазми яйцеклітин, а також порушення цілісності оболонок сім'яників, деградацію їхньої структури та розширення інтерстиційного простору. В сукупності ці зміни призвели до скорочення рівня плодючості або повної відсутності народжуваності мальків.

Висновки. Хронічна експозиція іонами важких металів протягом 92 діб призвела до суттєвого зниження плодючості дослідних риб. Поширеною патологією було порушення цілісності оболонок ооцитів та інтенсивна ліпідна вакуолізація цитоплазми. У сім'яниках виявлено порушення їх структури, зменшення кількості зрілих сперматозоїдів та ущільнення сперматид (під впливом кадмію), що може бути наслідком затримки дозрівання.

Ключові слова: важкі метали, гуппі, репродуктивна система, плодючість

ABSTRACT

Purpose of the work. The study aims to research the impact of the heavy metals (Cu, Zn, Cd, and their mixtures) in concentrations that exceed the fish farming MPC by 20, 1.3, and 1.5 times, respectively, and are the background for some waters of the Prydniproviia region on the reproductive system and fertility of guppies (*Poecilia reticulata*). To determine histomorphological changes in the gonads under the chronic action of the heavy metals.

Methodology. Model experiments with the guppy were conducted for 92 days in aerated aquariums with a volume of 5 liters. Water pollution in experimental aquariums was simulated by adding substances to the final concentrations: copper 0.02 mg/dm^3, cadmium 0.0075 mg/dm^3, zinc 0.013 mg/dm^3, and a mixture of heavy metals. The control aquarium was filled with dechlorinated tap water. At the end of the experiment, morphophysiological studies of the fish were conducted. Histological analysis of the gonads was carried out according to generally accepted methods. Photofixation of the histological preparations was done at a magnification of 400× using a SIGETA M3 CMOS 25000 digital camera connected to a Ulab XY-B2TLED microscope.

Scientific novelty. Given the lack of information on the chronic effects of metals and their mixtures on the reproductive system of fish, there is a need to conduct model experiments. Under conditions of chronic exposure to Cd, Cu, Zn ions, and their mixtures in concentrations exceeding the fishery MPC, several pathomorphological changes were detected in the gonads of the guppy. In particular, the destruction of the membranes of oocytes and the yolk sac, lipid

vacuolization of the cytoplasm of egg cells, as well as disruption of the integrity of the membranes of testes, degradation of their structure, and expansion of the interstitial space were found. Taken together, these changes led to a reduction in fertility or a complete lack of birth rates.

Conclusions. Chronic exposure to heavy metal ions for 92 days has led to a significant decrease in the fertility of the experimental fish. A common pathology was disruption of the integrity of the membranes of oocytes and intense lipid vacuolization of the cytoplasm. In the testes, structural abnormalities, a decrease in the number of mature spermatozoa, and condensation of spermatids (under the influence of cadmium) were detected, which may be a consequence of delayed maturation.

Key words: heavy metals, guppies, reproductive system, fertility

Вступ

Повномасштабні воєнні дії на території України значно загострюють проблему забруднення водних екосистем ксенобіотиками, що призводить до їх хронічного впливу на гідробіонтів, зокрема на риб.

Гідроекосистема є кінцевою ланкою накопичення забруднюючих речовин, що надходять з господарсько-побутовими та промисловими стічними водами, дощовими та талими водами, сільськогосподарським стоком (Nikolenko & Fedonenko, 2021). Відомо, що саме важкі метали є пріоритетними забруднювачами водних екосистем України, зокрема водойм Придніпров'я. Попередні дослідження підтверджують збільшення концентрації металів в Запорізькому (Дніпровському) водосховищі з кожним роком (Fedonenko et al., 2012; Buzina & Khainus, 2019; Kurchenko et al., 2024).

Важкі метали представляють особливу загрозу біоті оскільки не розкладаються біологічно і мають руйнівний вплив на організми. В наш час купрум (Cu), цинк (Zn) та кадмій (Cd) широко розповсюджуються в гідроекосистемах внаслідок промислових скидів та воєнних дій. Вони здатні акумулюватись в гідробіонтах, що вже було досліджено в організмах річкових раків та риб Запорізького (Дніпровського) та Кам'янського водосховищ (Korzhenevska et al., 2023; Kurchenko et al., 2024). Потрапляючи в організм мешканців водойм, важкі метали спричиняють токсичні дії, що включають в себе оксидативний стрес, порушення росту, роботу репродуктивної системи, ферментативну активність, генетичні мутації, а через здатність до накопичення в їстівній частині промислових гідробіонтів, несуть в собі загрозу для їх споживачів (Polak-Juszczak & Szlider-Richert, 2024).

На сьогодні накопичено певний фактичний матеріал щодо впливу різних концентрацій важких металів на репродуктивну функцію риб, в тому числі і на гістоструктуру гонад (Shelke Abhay D., 2014; Cao J et al., 2019; Su L et al., 2023; Wu G. et al., 2023). Водночас потребує подальшого з'ясування впливу тривалої експозиції фонових концентрацій важких металів та їх комплексів на репродуктивну систему та генеративні показники риб.

Важливо також зазначити, що забруднення екосистем важкими металами несе в собі довготривалі наслідки, що підтверджує аналіз гідробіонтів Балтійського моря, котрі досі накопичують в собі важкі метали, джерелом яких є боєприпаси часів Другої світової війни.

З огляду на вищезазначене, наші гідроекосистеми перебувають у зоні підвищеного ризику, що зумовлює актуальність вивчення віддалених наслідків антропогенного навантаження.

Матеріали та методи дослідження

Об'єктом дослідження були гуппі (*Poecilia reticulata*) віком 2 місяці, які культивувалися в науковій лабораторії НДІ Біології ДНУ. Модельні експерименти проводились протягом 92 діб в серпні-листопаді 2025 р. на кафедрі Загальної біології та водних біоресурсів Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара. В кожний аерований акваріум об'ємом 5 л було розміщено по 20 екземплярів риб (10 самців та 10 самок), середньою довжиною 2,027 ± 0,14 см. Рибам надавали корм у кількості 3 % від їхньої маси.

Забруднення води моделювалось шляхом додавання у воду розчинів металів ($CuSO_4$, $CdSO_4$, $ZnSO_4$) у відповідних концентраціях. Кожні 3 доби змінювали 60 % води та додавали сполуки до стабілізації показників вмісту важких металів. Контрольний акваріум заповнювався дехлорованою водопровідною водою. Вміст важких металів в дослідах відповідав їх концентраціям у воді водойм Придніпров'я (Yesipova et al., 2023). Схема проведення експерименту представлена в табл.1.

Таблиця 1

Варіанти модельного експерименту за хронічного впливу важких металів на *Poecilia reticulata*

Показники	Дослід 1 Cu^{2+}	Дослід 2 Cd^{2+}	Дослід 3 Zn^{2+}	Дослід 4 Cu+Cd+Zn
Концентрація в експерименті, мг/дм³	0,020	0,0075	0,013	0,020+ +0,008+ +0,013
ГДК, мг/дм³	0,001	0,005	0,01	-
Температура, °С	24	24	24	24
Вміст кисню, мг/ дм³	7	7	7	7

Для визначення коефіцієнту вгодованості ($К_в$) риб за Фультоном користувались наступною формулою:

$$К_в=m/l^3×100,$$

де К – коефіцієнт вгодованості;
Р – маса риби, г;
l – довжина риби від початку рила до кінця лускового покриву, см.

Гістологічний аналіз гонад здійснювали відповідно до загальноприйнятих методик. Для отримання гістологічних препаратів готували парафінові блоки, а зрізи робили за допомогою мікротома та забарвлювали гематоксилін-еозином. Фотофіксацію гістологічних препаратів проводили при збільшенні 400× за допомогою цифрової камери SIGETA M3 CMOS 25000 з підключенням її до мікроскопа Ulab XY-B2TLED. Всього було проаналізовано по 20 фото гістологічних препаратів з кожного досліду та контролю. Визначали площу ооцита, його великий та малий діаметри. Обчислення проводили за допомогою програми TopView.

Достовірність різниці між варіантами визначали методами варіаційної статистики із використанням тесту Тьюкі. Відмінності вважалися достовірними при різниці $p \leq 0,05$.

Під час проведення досліджень біоетичні норми не порушувались. Дослідження було виконано згідно з правилами біоетики (Regulations on the Committee on Ethics (Bioethics), 2012).

Результати дослідження та обговорення

Дослідженням виявлено специфічний вплив цинку на розмноження *Poecilia reticulata* (Дослід 4). Попри те, що в експериментальній групі перша генерація з'явилася раніше за контроль (на 47-у добу), подальша хронічна експозиція металу призвела до глибокого пригнічення репродуктивної функції. Відомо, що цинк є важливим мікроелементом для риб, який у малих дозах стимулює репродуктивну функцію, але у великих концентраціях стає токсичним, суттєво знижуючи плодючість та виживаність потомства. Сумарна кількість отриманого потомства була на 71,4 % нижчою порівняно з контрольною групою, що свідчить про високу гонадотоксичність цинку при тривалому впливі та виснаження адаптаційних резервів організму (рис. 1).

У ході проведеного аналізу встановлено, що мідь як окремо, так і в комбінації з цинком та кадмієм (Досліди 1; 4), пригнічує плодючість риб на 64,3 % порівняно з контролем. Водночас найбільш агресивним токсикантом виявився кадмій, який призвів до абсолютного припинення відтворення. Можна припустити, що в Досліді 2 репродуктивна функція гуппі була повністю пригнічена, що призвело до відсутності потомства. Ймовірно, тривала інтоксикація кадмієм може спричинити резорбцію ембріонів або їхню загибель на ранніх стадіях онтогенезу. Аналізуючи дані щодо морфофізіологічних показників риб, встановлено, що за коефіцієнтом вгодованості, який відображає загальний фізіологічний стан особини, не виявлено статистично достовірної різниці як між контролем та дослідами, так і між експериментальними групами. Проте виявлена відмінність між показниками маси самиць різних груп. Достовірна різниця встановлена між Дослідом 2 (вплив кадмію) та контрольною групою риб у 2,1 рази, що може пояснюватися затримкою народжуваності, яка й призводить до збільшення маси риб.

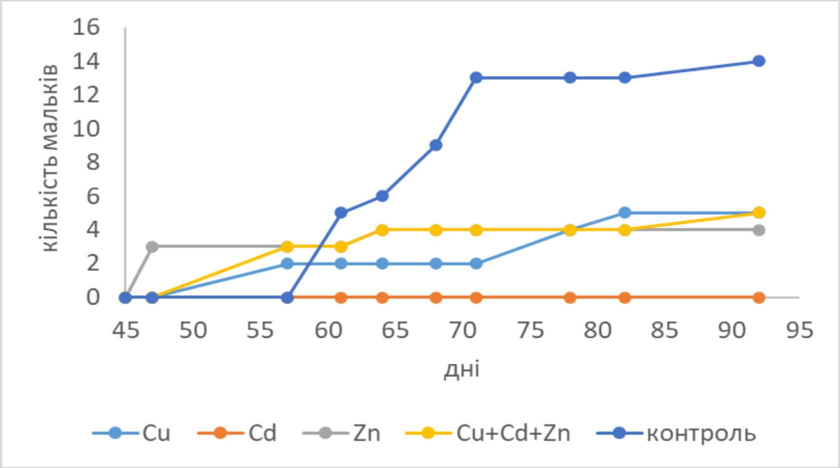


Рис. 1. Продуктивність самиць гуппі

В інших дослідних групах спостерігається тенденція до збільшення маси самиць, що пов'язано з частковою реалізацією репродуктивного потенціалу, але спостерігається тенденція затримки народжуваності, що підтверджується при аналізі гістологічних препаратів. Затримка народжуваності може бути спричинена загальним виснаженням організму та нездатністю накопичити достатню кількість поживних речовин, що свідчитть про специфічну токсичну дію даних сполук (табл. 2). Достовірних відмінностей морфофізіологічних показників самців не виявлено в дослідних групах порівняно з контролем та між експериментальними особинами. Середня маса самців гуппі наприкінці експерименту складала 0,142±0,03 г, довжина – 2,54±0,2 см, коефіцієнт вгодованості – 2,45±0,36.

У сучасній науковій літературі висвітлені дані щодо мікроскопічної структури ооцитів з різною кількістю жовтка у двох видів живородних риб *Poeciliidae* та стратегії ембріонального живлення у живородних кісткових риб.

Унікальність живородіння у кісткових риб полягає в особливій будові їхньої репродуктивної системи, яка суттєво відрізняється від інших хребетних через відсутність структур, що формують яйцепроводи. Внаслідок цього яєчник риб має пряме сполучення із зовнішнім середовищем через нерепродуктивний канал гонодуктом. Отже, розвиток ембріонів відбувається всередині яєчника, що є унікальним механізмом гонадного виношування серед хребетних. Яєчник поецілід розташований поздовжньо і підтримується до дорсальної стінки тіла брижею. Яєчник містить центральний просвіт та має мішкоподібний вид (Uribe et al., 2026).

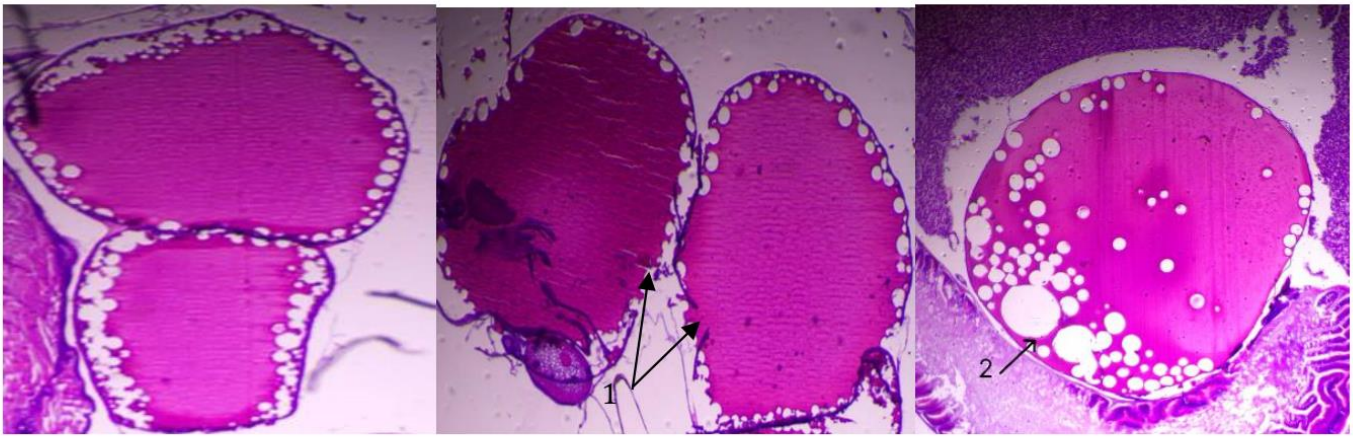
Для оцінки стану статевих залоз *Poecilia reticulata* нами було проведено аналіз гістоструктури яєчників, результати якого вказують на збереження типової структури ооцитів у риб контрольної групи. Фіксувались ооцити на стадії пізнього вітелогенезу з великою кількістю гомогенного щільного жовтка, забарвленого інтенсивним пурпуровим кольором. На периферії ооцита розташовані ліпідні гранули – білі, на вигляд порожні, округлі утворення. Кожен ооцит оточує тонкий шар фолікулярних клітин (рис. 2. А).

Таблиця 2

Морфофізіологічні показники самиць гуппі наприкінці експерименту

Дослід/Показник	Довжина риб, см	Маса риб, г	Кв
Контроль	2,65±0,64[a]	0,290±0,22[a]	2,50 ± 0,33[a]
Cd	3,7±0,24[ab]	0,615 ± 0,134[b]	2,41 ± 0,49[a]
Cu	3,35±0,26[ab]	0,405±0,062[ab]	2,52 ± 0,24[a]
Zn	3,13±0,42[b]	0,332 ± 0,12[ab]	2,36 ± 0,22[a]
Cd+Cu+Zn	3,23±0,57[ab]	0,351±0,144[ab]	2,47 ± 0,32[a]

Примітка: різні літери в стовпчику - різниця статистично достовірна, при $p \leq 0,05$



А Б В

Рис. 2. Яйцеклітини самиць гуппі.
А – контроль; Б – Дослід 2 (Cd^{2+}); В – Дослід 3 (Zn^{2+})

Виявлено вплив важких металів на гістологічну будову ооцитів гуппі. Встановлено порушення оболонки яйцеклітини, яке спостерігалось в 33 % досліджених зразків внаслідок 92-годинної експозиції розчином кадмію у концентрації, що в 1,5 рази перевищує рибогосподарську гранично допустиму концентрацію (рис. 2 Б).

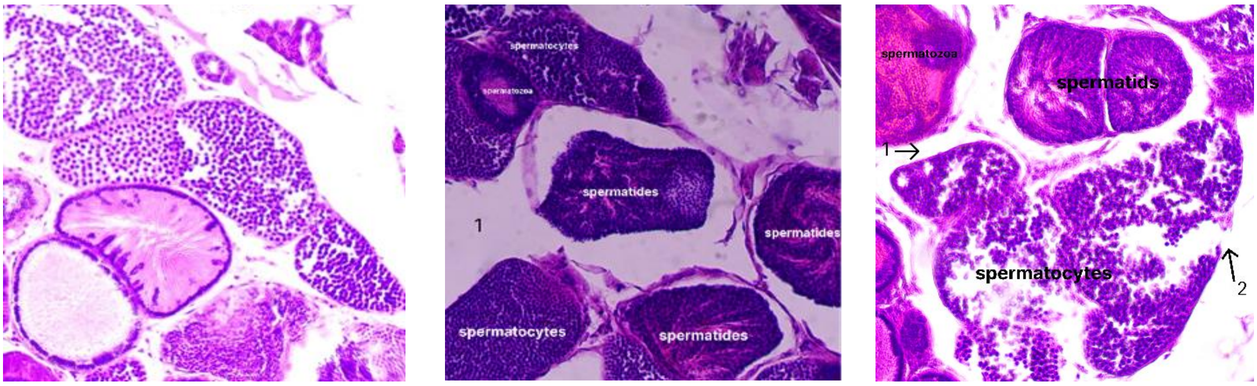
У процесі оогенезу риб формування ліпідних включень є необхідним для забезпечення енергетичного та пластичного обміну майбутнього зародка. Проте патологічне збільшення кількості жирових вакуолей або їх аномальна морфологія (надмірне злиття чи нерівномірний розподіл) призводять до негативних наслідків. За впливу іонів цинку (1,3 ГДК) та суміші важких металів спостерігалась надмірна ліпідна вакуолізація та злиття вакуолей ооцитів (рис. 2.В) у 60 % та 33 % досліджуваних зразків відповідно. Аномальна вакуолізація цитоплазми ооцитів риб виявлена раніше за дії різних токсикантів на риб (Magar et al., 2013; Anamika et al., 2015; Yön Ertuğ et al., 2021). Ймовірно, велика кількість жирових крапель може створювати механічні перешкоди для нормального переміщення цитоплазматичних детермінант та впливати на хід розвитку ембріона. Наприклад, порушення симетрії бластомерів та зупинки розвитку на стадії бластули. Надмірна концентрація ліпідів у вакуолях може створювати субстрат для інтенсивної пероксидації.

Під впливом купруму (20 рибогосподарських ГДК) в 50 % препаратів виявлено порушення оболонки жовткового мішка, що є критичним чинником, оскільки безпосередньо загрожує виживанню зародка, бо виконує роль головного органу живлення, дихання та виділення на ранніх етапах розвитку.

Заміри яйцеклітин не виявили статистично достовірної різниці серед показників, проте важливо відмітити скорочення розмірів яйцеклітини за впливу токсикантів. Найбільше середнє значення великого та малого діаметру ооцитів спостерігалось у контрольних самок та складало 1,276±0,233 мм та 1,029±0,193 мм відповідно. Під впливом цинку розмір скоротився на 22,5 %, а кадмію – на 32,65 %. Подібну картину автори спостерігали за хронічного впливу пестицидів на риб (Kulshrestha & Arora, 1984). Спостерігалось поступове зменшення ооцитів, зупинка розвитку фолікулів, одночасна зупинка вітелогенезу, що призводило до зменшення розміру ооцитів.

Самці в контролі мали впорядковану структуру сперматогенних клітин з достатньою кількістю зрілих сперматозоїдів (рис. 3. А). У сім'яниках піддослідних риб за впливу Cd, Zn, Cu спостерігався некроз, пошкодження оболонки сім'яника та фрагментація тканини. Спостерігалась також збільшення інтерстиційного простору (рис. 3. Б, В).

Пошкодження оболонки сім'яника є характерною патологією за впливу важких металів так як сполука активно взаємодіє з ліпідами тим самим порушуючи сталу структуру.



А Б В

Рис. 2. Сім'яники самців гуппі: А – контроль; Б – Дослід 1 (Cu^{2+}); В – Дослід 2 (Cd^{2+})

Зміни в сім'яниках включали здебільшого некроз гонад, ступінь яких збільшувався в процесі сперматогенезу, так як у молодих сім'яниках явище некрозу не спостерігалось. Ймовірно, це пов'язано з тим, що саме накопичення важкого металу несе найбільш руйнівний ефект. Отримані результати узгоджуються та розширюють вже наявні відомості стосовно впливу ртуті на гонади самців гуппі (Wester & Canton, 1992). Порушувалась також загальна структура органу, що добре видно на знімках у порівнянні з контролем

Щодо кількості зрілих сперматозоїдів, важливо відмітити велику кількість зрілих сперматозоїдів в контрольній групі. Натомість за впливу Cd спостерігається ущільнення сперматидів через відсутність виходу сперматозоїдів до канальців. Такий результат може свідчити про затримку дозрівання вмісту сім'яників, що підтверджується дослідженнями інших авторів (Vergilio et al., 2015). За впливу міді також спостерігалось зменшення зрілих сперматозоїдів, натомість переважання в кількості сперматоцитів 1-го та 2-го порядку та сперматогоніїв. За впливу Zn та суміші металів спостерігалась достатня кількість зрілих сперматозоїдів.

Загалом отримані результати підтверджують та розширюють вже наявні відомості стосовно впливу важких металів на репродуктивну систему риб, виділяючи основним наявність низки патологій та зниження плодючості риб.

Висновки

Хронічна експозиція іонами важких металів протягом 92 діб призвела до суттєвого зниження плодючості дослідних груп риб. Зокрема, під дією купруму та комбінації металів (купруму, кадмію та цинку) цей показник впав на 64,3 %, а за впливу цинку – на 74,1 % порівняно з контролем. Найбільш патогенний ефект виявлено у групі з кадмієм (0,0075 мг/л), де спостерігалося повне пригнічення репродуктивної функції.

Результати гістологічного аналізу яєчників показали, що найбільш поширеною патологією було порушення цілісності оболонок ооцитів, зафіксоване у 45% зразків. Крім того, у 30 % випадків спостерігалася інтенсивна ліпідна вакуолізація цитоплазми.

Гістологічний аналіз сім'яників виявив, що за впливу важких металів відбувається порушення структури гонад, зменшення кількості зрілих сперматозоїдів та ущільнення сперматид (під впливом кадмію), що може бути наслідком затримки дозрівання.

Фінансування / Funding

Робота виконана в межах держбюджетної НДР №5-699-26 «Розроблення інтегрованої стратегії відновлення річкових екосистем, що зазнали мілітарних впливів» / The work was carried out within the framework of state budget research project No. 5-699-26 «Development of an integrated strategy for the restoration of river ecosystems affected by military impacts».

Заява про доступність даних / Data Availability Statement

Набір даних доступний за запитом до авторів / Dataset available on request from the authors.

Заява інституційної ревізійної ради / Institutional Review Board Statement

Експериментальні процедури були схвалені Комісією з біоетики Дніпровського національного університету імені Олеся Гончара (No протоколу: 2 від 06 листопада 2025 р., Дніпро, Україна) / The experimental procedures wereapproved by the Bioethics Commission of Oles Honchar Dnipro National University (Protocol Number: 2, 06 November 2025, Dnipro, Ukraine).

Заява про інформовану згоду / Informed Consent Statement

Не застосовується / Not applicable.

Конфлікт інтересів / Conflict of interest

Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів / The authors declare no conflict of interest.

Декларація про генеративний штучний інтелект і технології на основі штучного інтелекту в процесі написання / Declaration on Generative Artificial Intelligence and AI-enabled Technologies in the Writing Process

У цьому дослідженні не використовувався генеративний штучний інтелект або технології штучного інтелекту для збору, аналізу чи інтерпретації даних / This study did not use generative artificial intelligence or AI technologies to collect, analyze, or interpret data.

References

Anamika, A., Ranjana, R., & Mishra, A. P. (2015). Histopathological alterations of profenofos on the ovary of the fresh water air-breathing fish *Channa gachua*. *The Asian Journal of Animal Science*, *10*(1), 8–13. https://doi.org/10.15740/HAS/TAJAS/10.1/8-13

Buzina, I. M., & Khainus, D. D. (2019). A study of the pollution of aquatic ecosystems with heavy metals in a changing climate. *Tavria Scientific Bulletin*, *105*, 240–246. (in Ukrainian). https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/105_2019/39.pdf

Бузіна І. М., Хайнус Д. Д. Дослідження питань забруднення водних екосистем важкими металами в умовах змін клімату. Таврійський науковий вісник. 2019. № 105. С. 240-246. https://www.tnv-agro.ksauniv.ks.ua/archives/105_2019/39.pdf

Cao, J., Wang, G., Wang, T., Chen, J., Wenjing, G., Wu, P., He, X., & Xie, L. (2019). Copper caused reproductive endocrine disruption in zebrafish (*Danio rerio*). *Aquat Toxicol*, *211*, 124–136. https://doi.org/10.1016/j.aquatox.2019.04.003

Fedonenko, O. V., Yesipova, N. B., Sharamok, T. S., Ananieva, T. V., Yakovenko, V. O., &Zhezheria, V. A. (2012). Modern problems of hydrobiology: Zaporizhzhia reservoir: Handbook. Dnipropetrovsk. (pp. 151–174). (in Ukrainian) https://www.researchgate.net/publication/321499597_Sucasni_problemi_gidrobiologii_Zaporizke_vodoshovise

Сучасні проблеми гідробіології: Запорізьке водосховище: Довідник/ Федоненко О. В., Єсіпова Н. Б., Шарамок Т. С. та ін. Дніпропетровськ. 2012. С. 151-174. https://www.researchgate.net/publication/321499597_Sucasni_problemi_gidrobiologii_Zaporizke_vodoshovise

Korzhenevska, P., Marenkov, O., Borovyk, I., & Sondak, V. (2023). Levels of accumulation of heavy metals and activity of radionuclides in narrow-clawed crayfish (*Astacus Leptodactylus* Eschscholtz, 1823) of the Kamianske and Zaporizhzhia (Dnipro) reservoirs. *Ribogospod. nauka Ukr., 4*(66), 49–68. https://doi.org/10.61976/fsu2023.04.049 (in Ukrainian)

Kulshrestha, S.K., & Arora, N. (1984). Impairments induced by sublethal doses of two pesticides in the ovaries of a freshwater teleost *Channa striatus* Bloch. *Toxicol Lett*, *20*(1), 93–98. https://doi.org/10.1016/0378-4274(84)90189-9

Kurchenko, V. O., Marenkov, O. M., & Nesterenko, O. S. (2024). Heavy metal content in organs and tissues of prussian carp of Zaporizke (Dniprovske) reservoir. *Ecology and Noospherology*, *35*(2), 106–111. https://doi.org/10.15421/032417 (in Ukrainian)

Курченко В. О., Маренков О. М., Нестеренко О. С. Уміст важких металів в органах та тканинах карася сріблястого Запорізького (Дніпровського) водосховища. *Екологія та ноосферологія.* 2024. Вип. 35, №2. С. 106-111. https://doi.org/10.15421/032417

Magar, R. S., & Bias, U. E. (2013). Histopathological impact of malathion on the ovary of the freshwater fish *Channa punctatus*. *International Journal of Environmental Science, 2*(3), 59–61. https://www.isca.me/IJENS/Archive/v2/i3/12.ISCA-IRJEvS-2012-098.pdf

Nikolenko, Y. V., & Fedonenko, O. V. (2021). Ecological assessment of the Zaporizhzya (Dniprovsky) reservoir. *Scientific reports of NUBiP of Ukraine*, *4*(92). https://doi.org/dopovidi2021.04.004 (in Ukrainian)

Ніколенко Ю.В., Федоненко О.В. Екологічна оцінка Запорізького (Дніпровського) водосховища. *Наукові доповіді НУБіП України*. 2021. № 4 (92). https://doi.org/dopovidi2021.04.004

Polak-Juszczak, L,. & Szlider-Richert, J. (2024). Toxic metals in fishes, mussels, and sediments from the Puck Bay in the southern Baltic Sea. *Marine Pollution Bulletin*, *200,* 116080. https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2024.116080

Regulations on the Committee on Ethics (Bioethics). (2012). Regulatory document of the Ministry of Education, Science, Youth and Sports of Ukraine. Order dated 19.11.2012, 1287. https://ips.ligazakon.net/document/MUS19313 (in Ukrainian)

Положення про Комітет з питань етики (біоетики) / (Нормативний документ Міністерства освіти, науки, молоді та спорту України. Наказ від 19.11.2012 No 1287): Нормативно-правова база Міністерства освіти і науки України. https://ips.ligazakon.net/document/MUS19313

Shelke Abhay, D. (2014). Study on histopathological changes in the gonads of a freshwater teleost fish, A. mola exposed to the heavy metals. *Journal of Global Biosciences, 3*(4), 763–771. https://doi.org/10.1016/0742-8413(91)90160-U

Su, L., Li, H., Qiu, N., Wu, Y., Hu, B., Wang, R., Liu, J., & Wang, J. (2023). Effects of cadmium exposure during the breeding period on development and reproductive functions in rare minnow (*Gobiocypris rarus*). *Front. Physiol*, *14*, 1163168. https://doi.org/10.3389/fphys.2023.1163168

Uribe, M. C., García Alarcón, A., De la Rosa Cruz, G., Campuzano Caballero, J. C. (2026). Nutrition During Gestation in 2 Species of Viviparous Fishes (Poeciliidae): *Poecilia latipinna* (Lecithotrophic) and *Heterandria formosa* (Matrotrophic). *Fishes*, *11*, 3. https://doi.org/10.3390/fishes11010003

Vergilio, C. S., Moreira, R. V., Carvalho, C. E. V., & Melo E. J. T. (2015). Evolution of cadmium effects in the testis and sperm of the tropical fish *Gymnotus carapo*. *Tissue and Cell*, *47*(2), 132–139. https://doi.org/10.1016/j.tice.2015.02.001

Wester, P. W., & Canton, H. H. (1992). Histopathological effects in *Poecilia reticulata* (guppy) exposed to methyl mercury chloride. *Toxicol Pathol*, *20*(1), 81–92. https://doi.org/10.1177/019262339202000110

Wu, G., Gao, L., Zhang, S., Du, D., & Xue, Y. (2023). Effects of copper oxide nanoparticles on reproductive system of zebrafish. *Ecotoxicology and Environmental Safety*, *263*, 115252. https://doi.org/10.1016/j.ecoenv.2023.115252

Yesipova, N., Sharamok, T., Sklyar, T., Marenkov, O., Gudym, N., & Foroshchuk V. (2023). The hydroecological characteristics of current state of the Zaporizhzhia (Dnipro) reservoir and its tributaries. *Ribogospod. nauka Ukr.*, *4*(66). 35–48. https://doi.org/10.61976/fsu2023.04.035 (in Ukrainian).

Єсіпова Н. Б., Шарамок Т. С., Скляр Т. В., Маренков О. М., Гудим Н. Г., Форощук В. В. Гідроекологічна характеристика сучасного стану Запорізького (Дніпровського) водосховища та його приток. *Ribogospod. nauka Ukr.* 2023. Вип. 4, № 66. С. 35–48. https://doi.org/10.61976/fsu2023.04.035

Yön Ertuğ, N. D., Uzun, E., Dinç, T., & Akbulut, C. (2021). Effects of ethylene-bis-dithiocarbamate (Mancozeb) on zebrafish (*Danio rerio*) oocytes. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.*, *57*, 22. https://doi.org/10.1051/limn/2021017

Received: 28.02.2026. **Accepted:** 17.03.2026. **Published:** 06.04.2026.

Ви можете цитувати цю статтю так:

Шарамок Т., Журавльов Д., Тункіна Г. Хронічний вплив важких металів на репродуктивну систему та плодючість *Poecilia reticulata*. *Biota. Human. Technology.* 2026. № 1. С. 81-89. DOI: https://doi.org/10.58407/bht.1.26.7

Cite this article in APA style as:

Sharamok, T., Zhuravlov, D., & Tunkina, H. (2026). Khronichnyi vplyv vazhkykh metaliv na reproduktsiinu systemu ta plodiuchist *Poecilia reticulata* [The chronic effects of heavy metals on the reproductive system and fertility of *Poecilia reticulata*]. *Biota. Human. Technology,* (1), 81-89. https://doi.org/10.58407/bht.1.26.7 (in Ukrainian)

Information about the authors:

Sharamok T. [*in Ukrainian:* Шарамок Т.**]** [1], PhD (Agricultural Sciences), Assoc. Prof., email: sharamok@i.ua
ORCID: 0000-0003-3523-5283
Department of General Biology and Aquatic Bioresources, Oles Honchar Dnipro National University
72 Nauky Avenue, Dnipro, 49000, Ukraine

Zhuravlov D. [*in Ukrainian:* Журавльов Д.**]** [2], PhD student, email: dzhuravlov01@gmail.com
ORCID: 0009-0002-9553-5528
Department of General Biology and Aquatic Bioresources, Oles Honchar Dnipro National University
72 Nauky Avenue, Dnipro, 49000, Ukraine

Tunkina H. [*in Ukrainian:* Тункіна Г.**.]**[3], student, email: tunkinaana281@gmail.com
ORCID: 0009-0007-4612-9802
Dnipro Scientific Chemical-Ecological Lyceum of the Dnipro City Council
14B Bohdan Khmelnytskyi Avenue, Dnipro, 49000, Ukraine

[1] Study design, manuscript preparation.
[2] Data collection, manuscript preparation.
[3] Data collection, manuscript preparation.